

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
4 novembre 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/094902 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : F23C 6/04,
C03B 5/235

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/050149

(22) Date de dépôt international : 7 avril 2004 (07.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0304867 18 avril 2003 (18.04.2003) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : L'AIR
LIQUIDE SOCIETE ANONYME A DIRECTOIRE
ET CONSEIL DE SURVEILLANCE POUR L'ETUDE
ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE [FR/FR]; 75 quai d'Orsay, F-75321 CEDEX 07
PARIS (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : DUPER-
RAY, Pascal [FR/FR]; 15 rue Ronsard, F-78180 MON-
TIGNY LE BRETONNEUX (FR). GRAND, Benoît
[FR/FR]; 30 Promenade Monalisa, F-78000 VER-
SAILLES (FR). LEROUX, Bertrand [FR/FR]; 35 avenue
de Breteuil, F-75007 PARIS (FR). RECOURT, Patrick
[FR/FR]; 5 rue Toulouse Lautrec, F-91460 MARCOUS-
SIS (FR). TSLAVA, Rémi [FR/FR]; 71 rue André Breton,
F-91250 SAINT GERMAIN LES CORBEIL (FR).

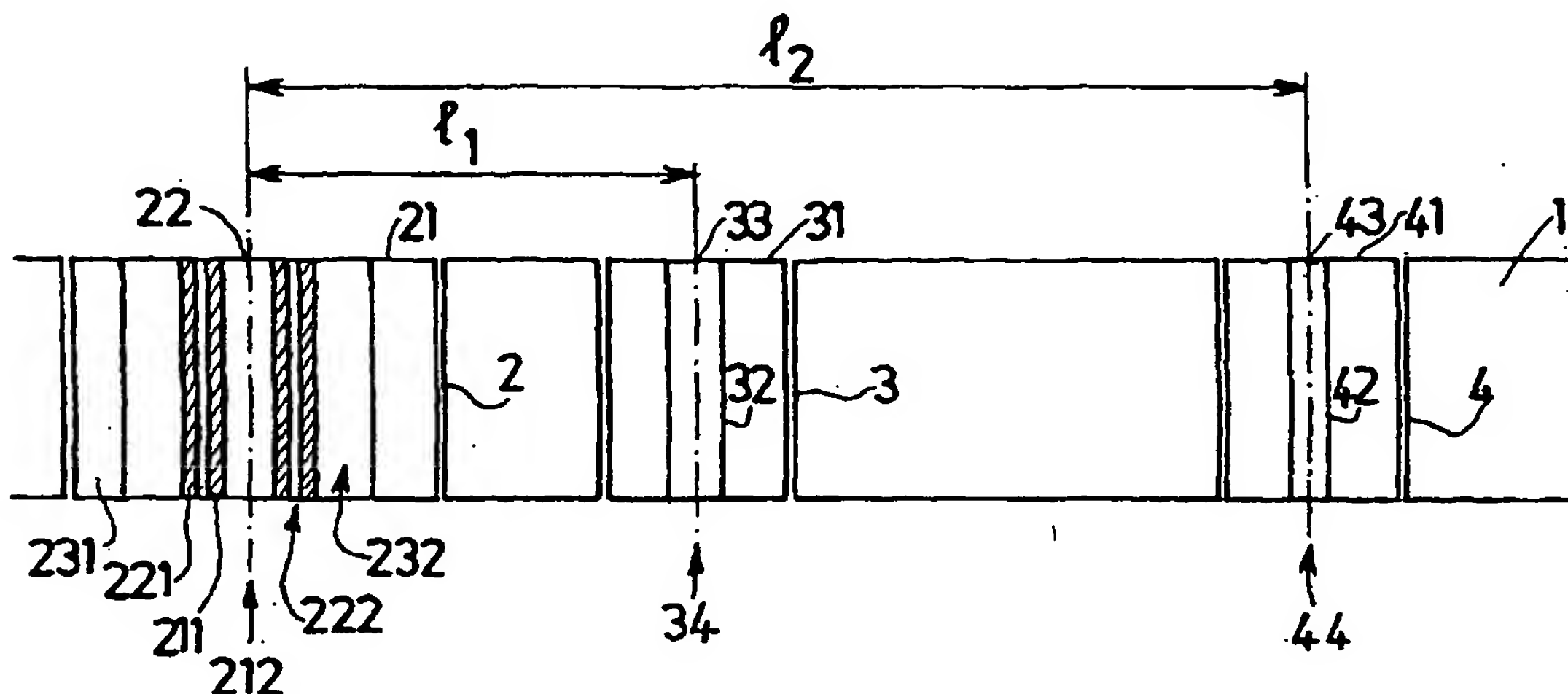
(74) Mandataire : CONAN, Philippe; 75 quai d'Orsay,
F-75321 CEDEX 07 PARIS (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: STAGED COMBUSTION METHOD FOR A LIQUID FUEL AND AN OXIDANT IN A FURNACE

(54) Titre : PROCEDE DE COMBUSTION ETAGEE D'UN COMBUSTIBLE LIQUIDE ET D'UN OXYDANT DANS UN FOUR



(57) Abstract: The invention relates to a method for combusting a liquid fuel and an oxidant, wherein at least one jet of liquid fuel in an atomized form and at least one jet of oxidant are injected. The jet of oxidant consists of a primary oxidant jet and a secondary oxidant jet. The primary oxidant jet is injected close to the liquid fuel jet in order to produce a first incomplete combustion, whereby the gases emanating from said first combustion still comprise at least one part of the fuel, while the secondary oxidant jet is inserted at a distance l_2 from the liquid combustible jet, said distance being greater than the distance between the liquid fuel jet and the primary oxidant jet which is the closest to the liquid fuel jet, so that it can enter into combustion with the part of the fuel present in the gases emanating from the first combustion, wherein the primary oxidant jet is divided into at least two primary jets: at least one primary oxidant jet which is injected in a coaxial manner around the jet of liquid fuel in an atomized form, and at least one second primary oxidant jet injected at a distance l_1 from the liquid fuel jet.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/094902 A1



MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un procédé de combustion d'un combustible liquide et d'un oxydant dans lequel on injecte au moins un jet du combustible liquide sous forme atomisée et au moins un jet d'oxydant, le jet d'oxydant comportant un jet d'oxydant primaire et un jet d'oxydant secondaire, le jet d'oxydant primaire étant injecté à proximité du jet de combustible liquide de manière à engendrer une première combustion incomplète, les gaz issus de cette première combustion comportant encore au moins une partie du combustible, tandis que le jet d'oxydant secondaire est injecté à une distance I_2 du jet de combustible liquide qui est supérieure à la distance entre le jet de combustible liquide et le jet d'oxydant primaire le plus proche du jet de combustible liquide, de manière à entrer en combustion avec la partie du combustible présent dans les gaz issus de la première combustion, dans lequel le jet d'oxydant primaire est divisé en au moins deux jets primaires au moins un premier jet d'oxydant primaire de gainage qui est injecté de manière coaxiale autour du jet du combustible liquide sous forme atomisée, et au moins un second jet d'oxydant primaire injecté à une distance I_1 du jet du combustible liquide.

**Procédé de combustion étagée d'un combustible liquide et d'un oxydant
dans un four.**

5 La présente invention concerne un procédé de combustion étagée d'un combustible liquide et d'un oxydant dans un four.

 Les performances d'un procédé de combustion dans un four industriel doivent répondre à deux critères :

10 - limiter les rejets de polluants atmosphériques (NOx, poussières, ...) qui doivent être en quantité inférieure à la limite fixée par la législation,

 - contrôler la température des parois du four et de la charge à chauffer de manière à répondre, à la fois aux contraintes relatives à la qualité du produit soumis à la combustion et à la consommation énergétique.

15 L'évolution de la législation sur les émissions de polluants atmosphériques, notamment les oxydes d'azote, ont conduit à une évolution importante de technologies de combustion. Un premier procédé de combustion limitant l'émission des NOx est la combustion oscillante (EP-A1-0 524 880) qui consiste à faire osciller le débit de combustible et/ou de comburant. La stoechiométrie s'écartant de 1, la température locale diminue, ce qui conduit à une réduction des NOx. Une autre solution est la combustion
20 étagée qui prévoit la dilution des réactifs dans les zones principales de la réaction : ceci permet de s'éloigner des proportions stoechiométriques et d'éviter les pics de température propices à la formation des NOx (WO02/081967)

 Ces mises en œuvre de l'art antérieur sont des solutions essentiellement adaptées à la combustion d'un combustible gazeux. Lors d'une combustion diphasique à l'aide
25 d'un combustible liquide et d'un oxydant gazeux, le procédé de combustion comprend les étapes supplémentaires d'atomisation du liquide, puis de vaporisation des gouttes de liquide pour que le combustible devenu gazeux puisse réagir avec l'oxydant gazeux. Divers paramètres supplémentaires vont donc influencer la combustion : le type d'atomiseur utilisé, par exemple, mais également pour un injecteur à atomisation
30 assistée la vitesse de l'écoulement du gaz d'atomisation qui va jouer sur la taille des gouttes et la qualité de l'atomisation. Outre les paramètres directement liés à l'étape d'atomisation, le procédé de combustion va être influencé par le mélange des réactifs car celui-ci influe sur le mode de combustion ainsi que sur la formation d'émissions polluantes. Ainsi, le rapport de la longueur de vaporisation et de la longueur de mélange
35 est un paramètre important. La longueur de vaporisation est la distance nécessaire à

l'évaporation des gouttes de combustible liquide, elle est liée à la taille des gouttes, à leur vitesse et à la nature du liquide. La longueur du mélange est la distance nécessaire pour que les réactifs, qui sont injectés séparément, se retrouvent mélangés dans un rapport stoechiométrique. Si la longueur de vaporisation est trop grande par rapport à la longueur de mélange, la combustion est incomplète ; on parle de régime de combustion incomplète : "brush" en anglais. Au contraire, si la longueur de vaporisation est trop faible par rapport à la longueur de mélange, le mélange trop rapide conduit à des niveaux élevés d'oxyde d'azote ; on parle de régime de "vaporisation". Il est donc préférable de se situer à la transition entre ces deux régimes (rapport de la longueur de vaporisation sur la longueur de mélange proche de 1).

EP-B1-0 687 853 propose un procédé de combustion étagée d'un combustible liquide. Ce procédé consiste à injecter le combustible liquide sous forme d'une pulvérisation divergente ayant un angle à la périphérie extérieure inférieur à 15° et d'injecter l'oxydant sous forme de deux écoulements : un écoulement primaire et un écoulement secondaire, l'écoulement primaire devant présenter une faible vitesse, inférieure à 61 m/s. Ce procédé présente plusieurs inconvénients. Tout d'abord, la mise en œuvre d'un angle aussi faible impose la mise en œuvre d'une vitesse de gaz d'atomisation élevée, ce qui crée des pertes de charge importantes et peut nuire à la stabilité de flamme. Ensuite, du fait de la faible valeur de l'angle de pulvérisation, le mode de combustion est de type "vaporisation" et ne permet pas d'optimiser la diminution des NOx. Enfin, cette faible valeur de l'angle de pulvérisation ne permet pas de faire varier de façon continue les paramètres géométriques de la flamme. Or, il peut être utile selon la charge de modifier la géométrie de la flamme de manière à éviter notamment la formation locale d'un point chaud.

Le but de la présente invention est donc de proposer un procédé de combustion étagée mettant en œuvre un combustible liquide permettant de limiter la formation des NOx tout en conservant une flamme stable.

Un autre but est de proposer un procédé de combustion étagée mettant en œuvre un combustible liquide permettant de limiter la formation des NOx et d'avoir une grande flexibilité du brûleur.

Dans ce but, l'invention concerne un procédé de combustion d'un combustible liquide et d'un oxydant dans lequel on injecte au moins un jet du combustible liquide sous forme atomisée et au moins un jet d'oxydant, le jet d'oxydant comportant un jet d'oxydant primaire et un jet d'oxydant secondaire, le jet d'oxydant primaire étant injecté à proximité du jet de combustible liquide de manière à engendrer une première combustion

incomplète, les gaz issus de cette première combustion comportant encore au moins une partie du combustible, tandis que le jet d'oxydant secondaire est injecté à une distance l_2 du jet de combustible liquide qui est supérieure à la distance entre le jet de combustible liquide et le jet d'oxydant primaire le plus proche du jet de combustible liquide, de manière à entrer en combustion avec la partie du combustible présent dans les gaz issus de la première combustion,

dans lequel le jet d'oxydant primaire est divisé en au moins deux jets primaires :

- au moins un premier jet d'oxydant primaire de gainage qui est injecté de manière coaxiale autour du jet du combustible liquide sous forme, et
- au moins un second jet d'oxydant primaire injecté à une distance l_1 du jet du combustible liquide atomisé.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre. Des formes et des modes de réalisation de l'invention sont donnés à titre d'exemples non limitatifs, illustrés par les figures 1 et 2 qui sont des vues schématiques d'un dispositif permettant la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

L'invention concerne donc un procédé de combustion d'un combustible liquide et d'un oxydant dans lequel on injecte au moins un jet du combustible liquide sous forme atomisée et au moins un jet d'oxydant, le jet d'oxydant comportant un jet d'oxydant primaire et un jet d'oxydant secondaire, le jet d'oxydant primaire étant injecté à proximité du jet de combustible liquide de manière à engendrer une première combustion incomplète, les gaz issus de cette première combustion comportant encore au moins une partie du combustible, tandis que le jet d'oxydant secondaire est injecté à une distance l_2 du jet de combustible liquide qui est supérieure à la distance entre le jet de combustible liquide et le jet d'oxydant primaire le plus proche du jet de combustible liquide, de manière à entrer en combustion avec la partie du combustible présent dans les gaz issus de la première combustion,

dans lequel le jet d'oxydant primaire est divisé en au moins deux jets primaires :

- au moins un premier jet d'oxydant primaire de gainage qui est injecté de manière coaxiale autour du jet du combustible liquide sous forme atomisée, et
- au moins un second jet d'oxydant primaire injecté à une distance l_1 du jet du combustible liquide.

Une des caractéristiques essentielles du procédé selon l'invention est qu'il concerne un procédé de combustion d'un combustible liquide, qui est éjecté de la lance du brûleur sous forme atomisée. Ce jet du combustible liquide sous forme atomisée peut être obtenu par toute méthode d'atomisation telle que l'éjection sous pression du

combustible liquide ou le mélange du combustible avec un gaz d'atomisation avant ou lors de son éjection. Ainsi, selon un mode préféré, le jet du combustible liquide sous forme atomisée peut être obtenu par injection coaxiale d'un jet de gaz d'atomisation autour d'un jet du combustible liquide. Le gaz d'atomisation peut être choisi parmi un gaz oxydant tel que l'air ou l'oxygène ou un gaz inerte tel que l'azote ou la vapeur d'eau. Selon ce mode préféré, le débit massique du jet de gaz d'atomisation est avantageusement compris entre 5 et 40 % de la valeur du débit massique du jet de combustible liquide, encore plus préférentiellement entre 15 et 30 %.

Selon une autre caractéristique essentielle de l'invention, le jet d'oxydant primaire est divisé en au moins deux jets dont l'un au moins est un jet d'oxydant primaire de gainage. Ce jet d'oxydant primaire de gainage est injecté de manière coaxiale autour du jet du combustible liquide sous forme atomisée. Le second jet d'oxydant primaire est injecté à une distance l_1 du jet du combustible liquide atomisé. De préférence, cette distance l_1 entre le second jet d'oxydant primaire et le jet de combustible liquide est comprise entre $1,5 D_g$ et $l_2/2$, D_g représentant le diamètre du cercle de même surface que la surface de l'injecteur à travers lequel le premier jet d'oxydant primaire de gainage est injecté. A titre d'exemple, la valeur de D_g peut être comprise entre 30 et 60 mm.

La distance l_2 entre le jet d'oxydant secondaire et le jet de combustible peut être comprise en $8 D_2$ et $40 D_2$, D_2 représentant le diamètre du cercle de même surface que la surface de l'injecteur à travers lequel l'oxydant secondaire est injecté. Ce diamètre D_2 peut être compris entre 10 et 60 mm.

Le diamètre du cercle de même surface que la surface de l'injecteur à travers lequel le second jet d'oxydant primaire est injecté, D_1 , peut être compris entre 15 et 70 mm. De préférence, le diamètre D_1 est supérieur au diamètre D_2 .

Selon une variante de l'invention, le jet d'oxydant secondaire et le jet d'oxydant primaire situé à une distance l_1 du jet de combustible liquide sont constitués d'une pluralité de jets. Ainsi, le jet d'oxydant primaire situé à une distance l_1 du jet de combustible liquide peut être constitué de deux jets identiques situés à la même distance l_1 du jet de combustible liquide, les trois jets étant sensiblement situés dans le même plan, et le jet d'oxydant secondaire peut être constitué de deux jets identiques situés à la même distance l_2 du jet de combustible liquide, les trois jets étant sensiblement situés dans le même plan ; de préférence les cinq jets sont sensiblement situés dans le même plan.

La quantité d'oxydant secondaire représente généralement au plus 90 % de la quantité totale d'oxydant injecté, de préférence 10 à 90 %. Plus préférentiellement, la

quantité d'oxydant secondaire est comprise entre 50 et 90 %, voire entre 60 et 80 %, de la quantité totale d'oxydant injectée, l'oxydant primaire (qui correspond à la fois l'oxydant primaire de gainage et le deuxième jet d'oxydant primaire) représentant une quantité comprise entre 10 et 50 %, voire entre 20 et 40 %, de la quantité totale d'oxydant.

- 5 De préférence, le débit massique du premier jet d'oxydant primaire de gainage est compris entre 10 et 20 % de la valeur du débit massique du jet d'oxydant total (oxydant primaire + oxydant secondaire).

- 10 L'oxydant primaire et l'oxydant secondaire peuvent présenter la même composition ; cela présente notamment l'avantage de n'avoir qu'une seule source d'oxydant à diviser entre les différents points d'injection d'oxydant primaire ou secondaire. Mais, de préférence, la concentration en oxygène dans l'oxydant primaire est plus élevée que la concentration en oxygène dans l'oxydant secondaire.

- 15 La composition de l'oxydant peut être variable et selon les conditions ou les résultats souhaités. D'une manière générale, l'oxydant peut être constitué d'un mélange de gaz comportant :

- de 5 à 100 % en volume d'oxygène, de préférence 30 à 100 %,
- de 0 à 95 % en volume de CO₂, de préférence 0 à 90 %,
- de 0 à 80 % en volume de N₂, de préférence 0 à 70 %,
- de 0 à 90 % en volume d'Ar.

- 20 Le mélange pourra également contenir d'autres constituants et notamment de la vapeur d'eau et/ou des NO_x et/ou SO_x. Généralement, l'air apporte 0 à 90 % en volume du débit d'oxygène total de l'oxydant, le complément étant apporté par de l'air enrichi en oxygène ou de l'oxygène substantiellement pur. De préférence, l'air représente 15 à 40 % en volume du débit d'O₂ total dans l'oxydant.

- 25 Selon une mise en oeuvre avantageuse, les vitesses d'injection du second jet d'oxydant primaire et du jet d'oxydant secondaire sont inférieures ou égales à 200 m/s, et lorsque le procédé selon l'invention est mis en oeuvre pour la combustion d'une charge de verre, les vitesses d'injection du second jet d'oxydant primaire et du jet d'oxydant secondaire sont préférentiellement inférieures ou égales à 100 m/s. En outre, il est
- 30 préférable que la vitesse du jet d'oxydant secondaire soit supérieure à la vitesse du second jet d'oxydant primaire.

La figure 1 est une vue schématique partielle de dessus d'un exemple d'un ensemble d'un ensemble de combustion pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention et la figure 2 est la vue schématique en coupe correspondante. L'ensemble de

combustion est placé dans un bloc réfractaire 1 présentant trois alésages cylindriques 2, 3 et 4, dans lesquelles ont été respectivement glissés trois blocs 21, 31 et 41.

Le bloc 21 comporte :

- une canalisation (ou injecteur) 211 qui débouche en 22. Cette canalisation 211
5 reçoit le combustible liquide 212.
- une canalisation (ou injecteur) 221 qui débouche en 22 et disposée de manière concentrique autour de la canalisation 211 dans laquelle le combustible liquide 212 est injecté. Cette canalisation 221 reçoit le gaz d'atomisation 222.
- une canalisation (ou injecteur) 231 qui débouche en 22 et disposée de manière
10 concentrique autour de la canalisation 221 dans laquelle le gaz d'atomisation 222 est injecté. Cette canalisation a un diamètre D_G en 22. Elle reçoit l'oxydant primaire de gainage 232.

Le bloc 31, de préférence cylindrique, est percé d'une canalisation (ou injecteur) 32 dont l'orifice débouche en 33 du bloc. Cette canalisation (ou injecteur) 32 a un diamètre
15 en 33 égal à D_1 et le centre de cette canalisation 32 est située à une distance l_1 du centre de la canalisation 211. La canalisation 32 reçoit l'oxydant primaire (34) différent de l'oxydant primaire de gainage.

Le bloc 41, de préférence cylindrique, est percé d'une canalisation (ou injecteur) 42 dont l'orifice débouche en 43 du bloc. Cette canalisation (ou injecteur) 42 a un diamètre
20 en 43 égal à D_2 et le centre de cette canalisation 42 est située à une distance l_2 du centre de la canalisation 211. La canalisation 42 reçoit l'oxydant dit secondaire (44).

Pour le fonctionnement de ce système, il est possible d'utiliser la même source d'oxydant pour l'oxydant primaire (34 et 232) et l'oxydant secondaire (44), les diamètres des canalisations correspondantes (32, 231 et 42) étant choisis de manière à fixer des
25 vitesses d'injection différentes ou identiques selon le type de combustion désirée.

Selon un mode avantageux, les extrémités des canalisations permettant l'injection d'oxydants sont en retrait dans le port réfractaire.

Par la mise en œuvre du procédé selon l'invention, il est possible de réaliser la combustion d'un combustible liquide tout en limitant la formation des NOx. En outre, le
30 procédé selon l'invention présente l'avantage de permettre un contrôle de la stabilité de la flamme et de la flexibilité thermique du procédé. En effet, selon la nature de la charge, la géométrie du four, il peut être préférable de mettre en œuvre une flamme de petit ou de grand volume, ou de contrôler le transfert thermique en certains points du four ou d'homogénéiser le température de la voûte, ... Selon l'invention, cette flexibilité est
35 obtenue par le contrôle de la répartition du débit d'oxydant total entre le jet d'oxygène

secondaire et les jets d'oxydant primaire, et de préférence entre le jet d'oxygène secondaire et le second jet d'oxydant primaire qui est différent du jet d'oxydant primaire de gainage. Ce contrôle de la répartition du débit d'oxydant total est également appelé étagement.

5

EXEMPLE

On a utilisé un brûleur présentant la configuration des figures 1 et 2 et comprenant en outre :

- 10 - un deuxième injecteur d'oxydant primaire situé à une distance l_1 du jet de combustible liquide 211 et symétrique du premier injecteur d'oxydant primaire 31 par rapport à l'injecteur de combustible 211, et
- un deuxième injecteur d'oxydant secondaire situé à une distance l_2 de l'injecteur de combustible liquide 211 et symétrique du premier injecteur d'oxydant secondaire 42
- 15 par rapport à l'injecteur de combustible 211.

Les cinq jets étaient tous dans le même plan. La puissance du brûleur était de 2 MW. Le brûleur a été installé sur un four de 6 m de long et de section transversale de 1,5 m sur 2 m. Le rapport l_2/D_2 était de 14,6, le rapport l_1/D_6 était de 2 et le rapport l_1/l_2 était de 0,26.

- 20 Le combustible injecté était un fuel lourd présentant la composition suivante :

C	87,9 % en masse
H	10,02 % en masse
O	0,67 % en masse
N	0,39 % en masse
25 S	0,98 % en masse

Sa viscosité dynamique était de 39 mm²/s à 100°C, sa masse volumique était de 980 kg/m³ et son pouvoir calorifique inférieure à 9631 kcal/kg.

Le gaz d'atomisation était soit de l'oxygène, soit de l'air.

- 30 Par la mise en œuvre du procédé selon l'invention, il a été possible de modifier la géométrie de la flamme en contrôlant la répartition du débit d'oxydant total entre les différents injecteurs primaires et secondaires. Ainsi, par l'injection de 75 % du débit d'oxydant total dans les injecteurs d'oxydant secondaire, on obtient une flamme de large volume. De même, par l'injection en modifiant ce pourcentage, il est possible de diminuer le volume de la flamme. Ainsi, selon la nature de la charge et le lieu où le brûleur est

installé dans le four, il est possible avec le procédé de l'invention d'ajuster le volume de la flamme.

La figure 3 représente la puissance transférée par la flamme à la sole du four en fonction de la distance au brûleur pour différentes proportions du débit d'oxydant total injecté dans les injecteurs secondaires (50, 65 et 75 % du débit d'oxydant total injecté dans les injecteurs secondaires). On observe qu'un étagement important (injection d'une plus grande quantité d'oxydant dans les injecteurs secondaires que dans les injecteurs primaires) permet de réduire la puissance à proximité du brûleur et d'augmenter le transfert loin des injecteurs. Par le procédé selon l'invention, il est ainsi possible de modifier le profil de transfert thermique. C'est un avantage du procédé de l'invention : en effet, ce procédé est adaptable à différents types de géométrie de four. Dans le cas des exemples de la figure 3, le gaz d'atomisation est de l'oxygène.

La figure 4 représente la température de la voûte du four le long de l'axe longitudinal du four en fonction de la distance au brûleur pour différentes proportions du débit d'oxydant total injecté dans les injecteurs secondaires (50, 65 et 75 % du débit d'oxydant total injecté dans les injecteurs secondaires). On observe qu'un étagement important peut permettre d'assurer l'homogénéité de la température de la voûte. Dans le cas des exemples de la figure 4, le gaz d'atomisation est de l'air.

La figure 5 représente la quantité de NOx émise en fonction de la proportion d'oxydant total injecté dans les injecteurs secondaires (étagement) et pour deux types de gaz d'atomisation : l'oxygène et l'air. La courbe relative à l'utilisation de l'oxygène comme gaz d'atomisation est repérée par des losanges blancs et la courbe relative à l'utilisation de l'air comme gaz d'atomisation est repérée par des carrés noirs. On observe qu'avec un étagement important, l'émission de NOx est de 200 ppm si le gaz d'atomisation est de l'oxygène et de 300 ppm si le gaz d'atomisation est de l'air.

REVENDICATIONS

1. Procédé de combustion d'un combustible liquide et d'un oxydant dans lequel on injecte au moins un jet du combustible liquide sous forme atomisée et au moins
5 un jet d'oxydant, le jet d'oxydant comportant un jet d'oxydant primaire et un jet d'oxydant secondaire, le jet d'oxydant primaire étant injecté à proximité du jet de combustible liquide de manière à engendrer une première combustion incomplète, les gaz issus de cette première combustion comportant encore au moins une partie du combustible, tandis que le jet d'oxydant secondaire est injecté à une distance l_2 du jet de combustible
10 liquide qui est supérieure à la distance entre le jet de combustible liquide et le jet d'oxydant primaire le plus proche du jet de combustible liquide, de manière à entrer en combustion avec la partie du combustible présent dans les gaz issus de la première combustion,
caractérisé en ce que le jet d'oxydant primaire est divisé en au moins deux jets
15 primaires :
- au moins un premier jet d'oxydant primaire de gainage qui est injecté de manière coaxiale autour du jet du combustible liquide sous forme atomisée, et
 - au moins un second jet d'oxydant primaire injecté à une distance l_1 du jet du combustible liquide.
- 20 2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le jet du combustible liquide sous forme atomisée est obtenu par injection coaxiale d'un jet de gaz d'atomisation autour d'un jet du combustible liquide.
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que gaz de vaporisation est choisi parmi un gaz oxydant tel que l'air ou l'oxygène ou un gaz inerte tel
25 que l'azote ou la vapeur d'eau
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que le débit massique du jet de gaz d'atomisation est compris entre 5 et 40 % de la valeur du débit massique du jet de combustible liquide.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce
30 que la distance l_2 entre le jet d'oxydant secondaire et le jet de combustible est comprise entre $8 D_2$ et $40 D_2$, D_2 représentant le diamètre du cercle de même surface que la surface de l'injecteur à travers lequel l'oxydant secondaire est injecté.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce
que la distance l_1 entre le second jet d'oxydant primaire et le jet de combustible liquide
35 est comprise entre $1,5 D_6$ et $l_2/2$, D_6 représentant le diamètre du cercle de même surface

que la surface de l'injecteur à travers lequel le premier jet d'oxydant primaire de gainage est injecté.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diamètre du cercle de même surface que la surface de l'injecteur à travers lequel l'oxydant secondaire est injecté, D_2 , est compris entre 10 et 60 mm.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diamètre du cercle de même surface que la surface de l'injecteur à travers lequel le second jet d'oxydant primaire est injecté, D_1 , est compris entre 15 et 70 mm.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la quantité totale d'oxydant secondaire est comprise entre 50 et 90 % de la quantité totale d'oxydant injectée.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les vitesses d'injection du second jet d'oxydant primaire et du jet d'oxydant secondaire sont inférieures ou égales à 200 m/s.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre pour la combustion d'une charge de verre et en ce que les vitesses d'injection du second jet d'oxydant primaire et du jet d'oxydant secondaire sont inférieures ou égales à 100 m/s.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le débit massique du premier jet d'oxydant primaire de gainage est compris entre 10 et 20 % de la valeur du débit massique du jet d'oxydant total (oxydant primaire + oxydant secondaire).

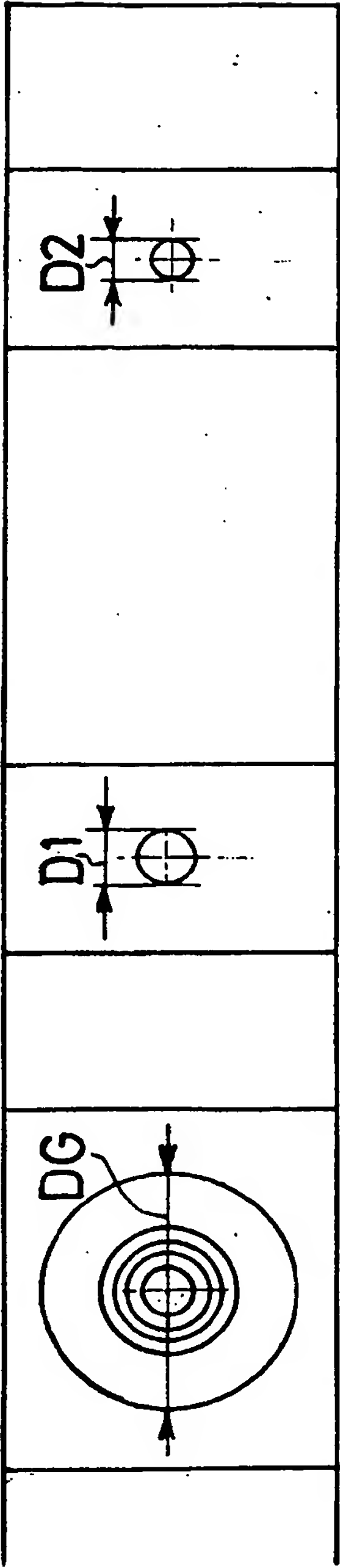


FIG. 1

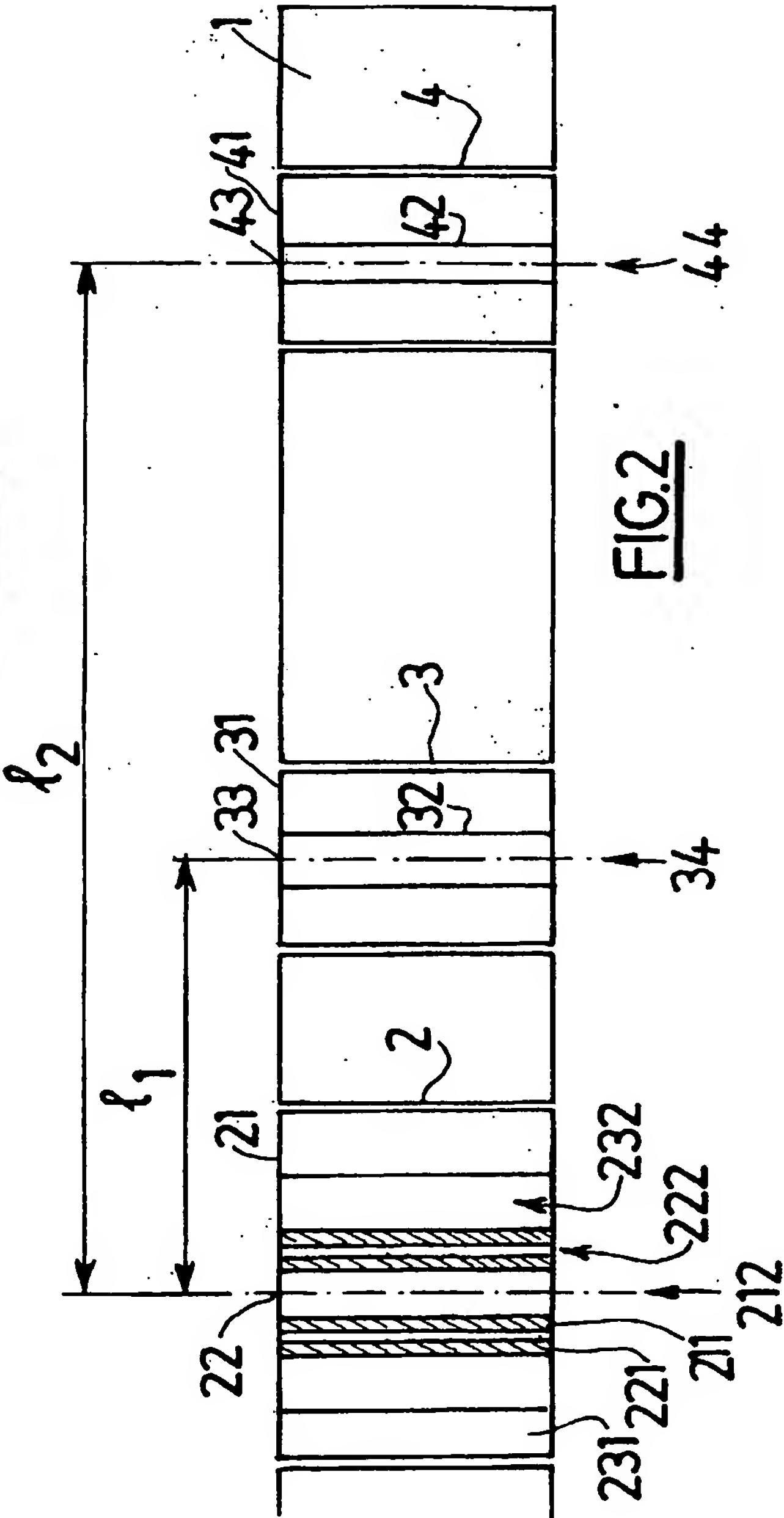


FIG. 2

2/3

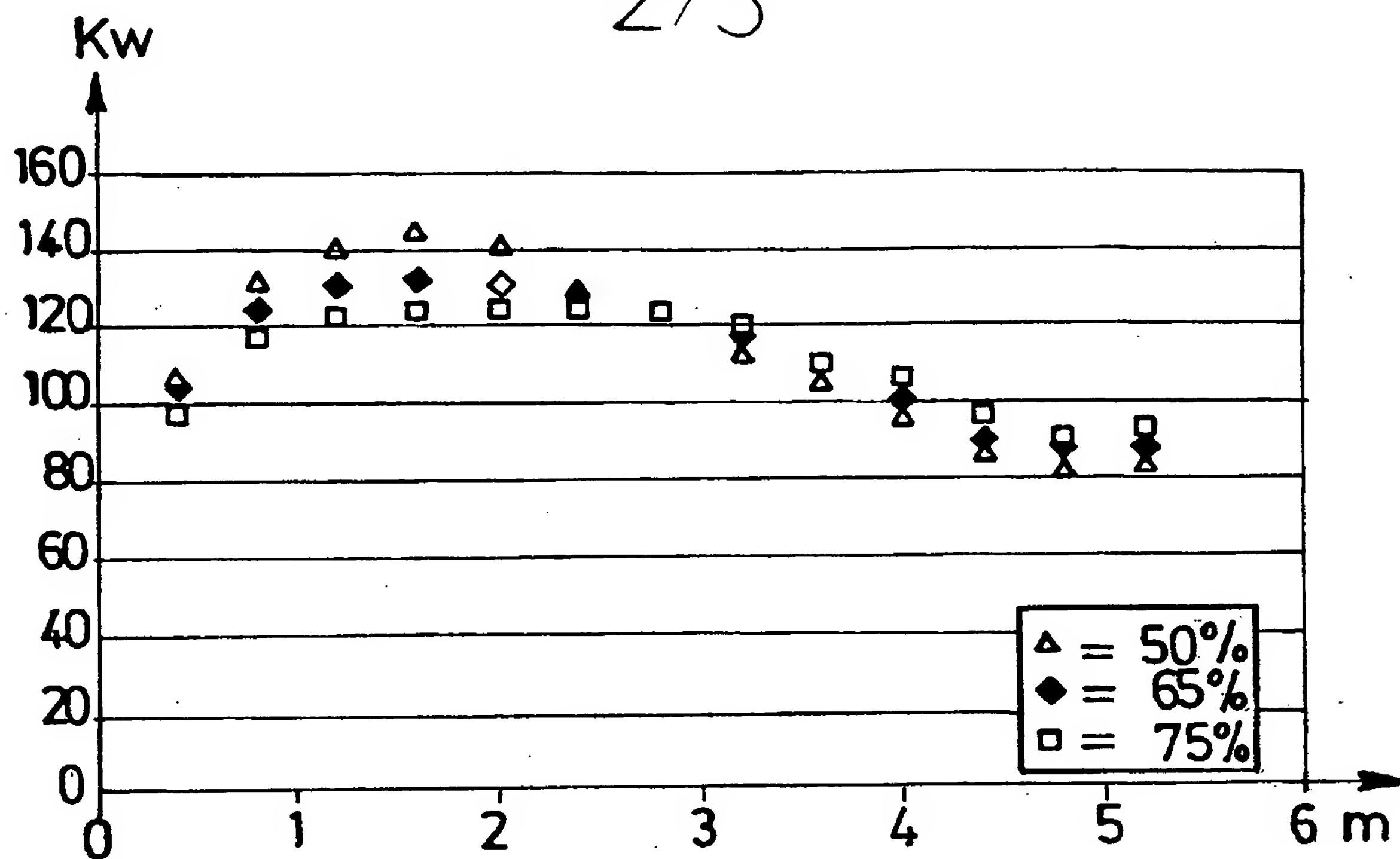


FIG. 3

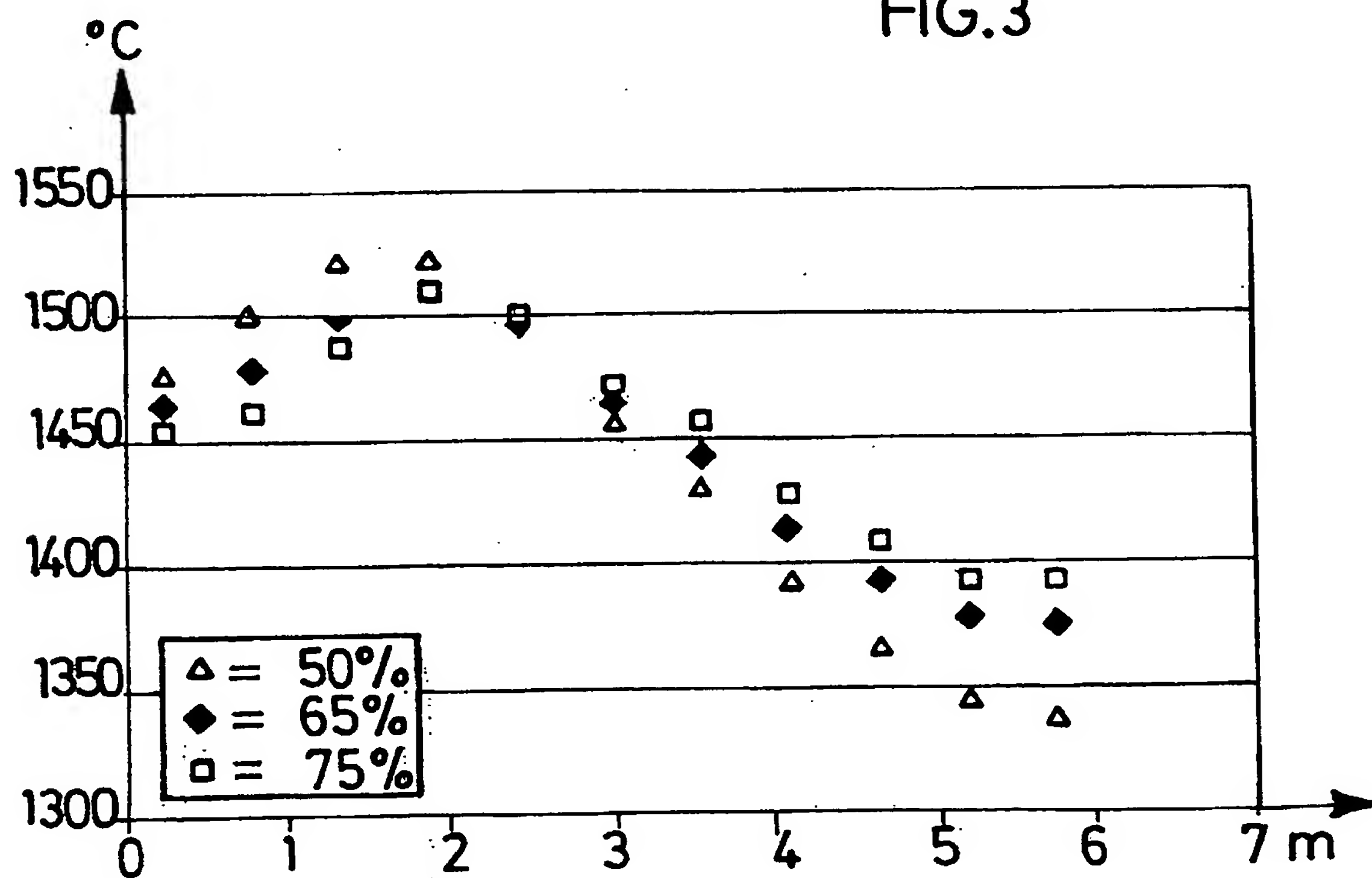


FIG. 4

3/3

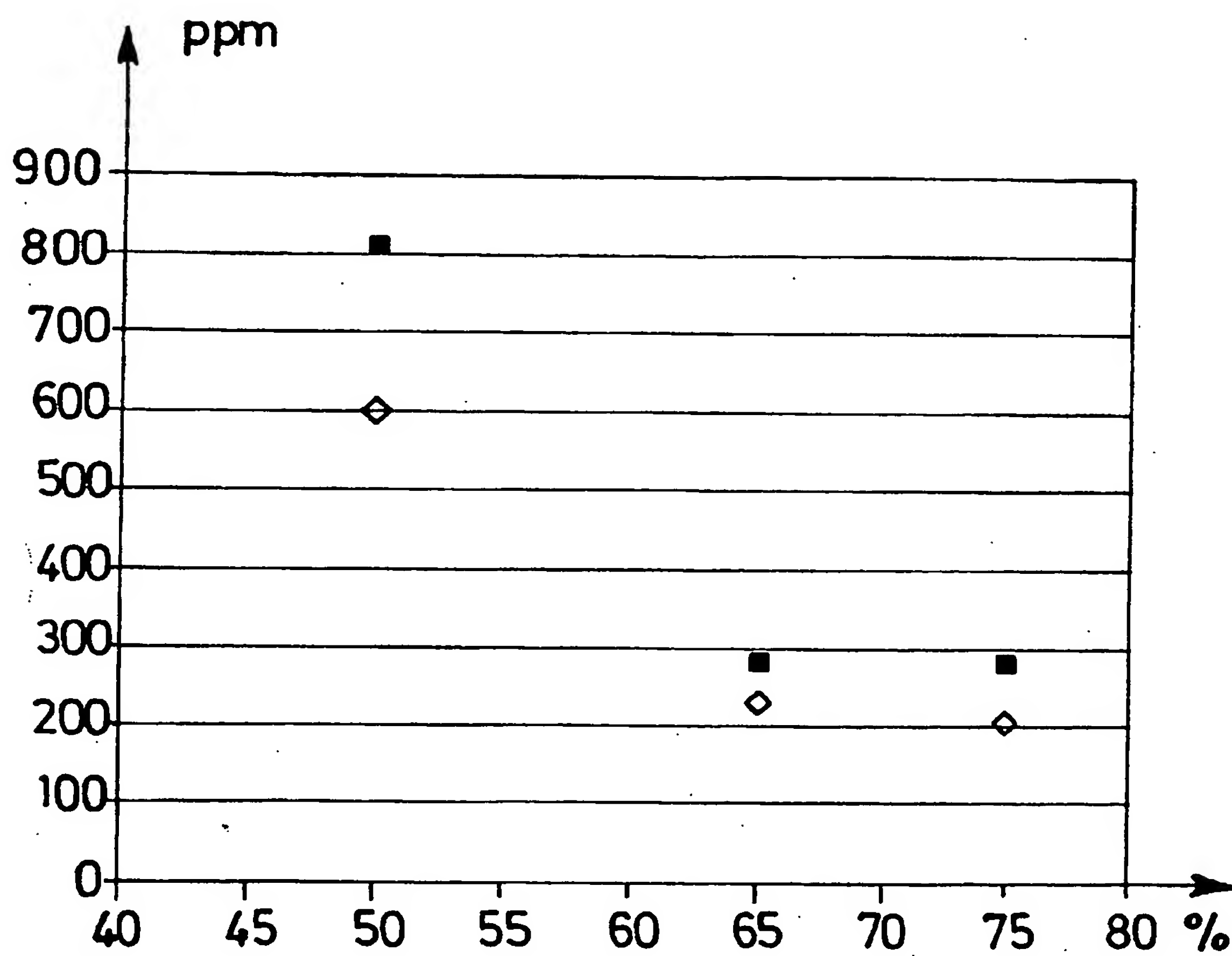


FIG.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F23C6/04 C03B5/235

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F23C C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>WO 02/081967 A (L AIR LIQUIDE SA A DIRECTOIRE ;DUGUE JACQUES (FR); LEGIRET THIERRY) 17 October 2002 (2002-10-17) cited in the application figure 3 page 5, line 4 - page 7, line 20 page 8, line 15 - line 19 page 10, line 28 - page 11, line 26 page 15, line 31 - page 16, line 26 page 18, line 20 - line 23 claim 9</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	1-12



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 September 2004

Date of mailing of the international search report

13/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mougey, M

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 687 853 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC) 20 December 1995 (1995-12-20) cited in the application page 3, line 31 - line 45 page 4, line 30 - line 37 column 6, line 41 - line 46 column 6, line 59 - column 7, line 13 page 4, line 51 - page 5, line 16 claim 2 -----	1-12
X A	US 4 842 509 A (HASENACK HENDRIKUS J A) 27 June 1989 (1989-06-27) column 3, line 1 - column 5, line 15 column 6, line 41 - line 46 column 6, line 59 - column 7, line 13 figure 1 -----	1-3, 10, 11 9, 12
X	EP 0 639 742 A (SAACKE GMBH & CO KG) 22 February 1995 (1995-02-22) figure 1 column 1, line 1 - line 11 column 3, line 24 - line 29 column 3, line 55 - column 4, line 3 column 5, line 47 - column 6, line 14 column 6, line 42 - column 7, line 14 -----	1

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02081967	A	17-10-2002	FR 2823290 A1	11-10-2002
			BR 0208586 A	23-03-2004
			CA 2443407 A1	17-10-2002
			EP 1379810 A1	14-01-2004
			WO 02081967 A1	17-10-2002
			JP 2004523721 T	05-08-2004
			US 2004157178 A1	12-08-2004
EP 0687853	A	20-12-1995	US 5601425 A	11-02-1997
			BR 9502780 A	09-01-1996
			CA 2151540 A1	14-12-1995
			CN 1121156 A	24-04-1996
			DE 69518952 D1	02-11-2000
			DE 69518952 T2	05-04-2001
			EP 0687853 A2	20-12-1995
			ES 2151006 T3	16-12-2000
			JP 3017048 B2	06-03-2000
			JP 7332616 A	22-12-1995
			KR 234573 B1	15-12-1999
			PT 687853 T	31-01-2001
US 4842509	A	27-06-1989	DK 170284 A	01-10-1984
			EP 0124146 A1	07-11-1984
			JP 59185909 A	22-10-1984
EP 0639742	A	22-02-1995	DE 4328130 A1	23-02-1995
			EP 0639742 A2	22-02-1995

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F23C6/04 C03B5/235

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 F23C C03B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	WO 02/081967 A (L AIR LIQUIDE SA A DIRECTOIRE ;DUGUE JACQUES (FR); LEGIRET THIERRY) 17 octobre 2002 (2002-10-17) cité dans la demande figure 3 page 5, ligne 4 - page 7, ligne 20 page 8, ligne 15 - ligne 19 page 10, ligne 28 - page 11, ligne 26 page 15, ligne 31 - page 16, ligne 26 page 18, ligne 20 - ligne 23 revendication 9 ----- -/--	1-12

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 septembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/10/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mougey, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/050149

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>EP 0 687 853 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC) 20 décembre 1995 (1995-12-20) cité dans la demande page 3, ligne 31 - ligne 45 page 4, ligne 30 - ligne 37 colonne 6, ligne 41 - ligne 46 colonne 6, ligne 59 - colonne 7, ligne 13 page 4, ligne 51 - page 5, ligne 16 revendication 2</p>	1-12
X A	<p>----- US 4 842 509 A (HASENACK HENDRIKUS J A) 27 juin 1989 (1989-06-27) colonne 3, ligne 1 - colonne 5, ligne 15 colonne 6, ligne 41 - ligne 46 colonne 6, ligne 59 - colonne 7, ligne 13 figure 1</p>	1-3,10, 11 9,12
X	<p>----- EP 0 639 742 A (SAACKE GMBH & CO KG) 22 février 1995 (1995-02-22) figure 1 colonne 1, ligne 1 - ligne 11 colonne 3, ligne 24 - ligne 29 colonne 3, ligne 55 - colonne 4, ligne 3 colonne 5, ligne 47 - colonne 6, ligne 14 colonne 6, ligne 42 - colonne 7, ligne 14</p>	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050149

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 02081967 A	17-10-2002	FR 2823290 A1 BR 0208586 A CA 2443407 A1 EP 1379810 A1 WO 02081967 A1 JP 2004523721 T US 2004157178 A1	11-10-2002 23-03-2004 17-10-2002 14-01-2004 17-10-2002 05-08-2004 12-08-2004
EP 0687853 A	20-12-1995	US 5601425 A BR 9502780 A CA 2151540 A1 CN 1121156 A DE 69518952 D1 DE 69518952 T2 EP 0687853 A2 ES 2151006 T3 JP 3017048 B2 JP 7332616 A KR 234573 B1 PT 687853 T	11-02-1997 09-01-1996 14-12-1995 24-04-1996 02-11-2000 05-04-2001 20-12-1995 16-12-2000 06-03-2000 22-12-1995 15-12-1999 31-01-2001
US 4842509 A	27-06-1989	DK 170284 A EP 0124146 A1 JP 59185909 A	01-10-1984 07-11-1984 22-10-1984
EP 0639742 A	22-02-1995	DE 4328130 A1 EP 0639742 A2	23-02-1995 22-02-1995

THIS PAGE BLANK (USPTO)